

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL MENADŽMENTA
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MENADŽMENT

Slavko Sito

UTJECAJ HIDROELEKTRANA NA OKOLIŠ

Završni rad

Šibenik, 2018.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU

ODJEL MENADŽMENTA

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MENADŽMENT

UTJECAJ HIDROELEKTRANA NA OKOLIŠ

Završni rad

Kolegij: Upravljanje okolišem

Mentor: mr.sc. Tanja Radić Lakoš, v. pred.

Student: Slavko Sito

Matični broj: 1219048517

Šibenik, kolovoz 2018.

UTJECAJ HIDROELEKTRANA NA OKOLIŠ

SLAVKO SITO

Ive Lole Ribara 5 Budrovci, 31 400 Đakovo, slavko.sito@gmail.com

Društvo danas koristi fosilna goriva više nego ikada u povijesti. To za posljedicu ima degradaciju okoliša, tj. svega što nas okružuje. Fosilna goriva su prljavi izvor energije te uz sve štetne tvari koje se ispuštaju njihovim sagorijevanjem pa čak i lošom uporabom, nemarnošću ljudi tijekom njihovog rudarenja te transporta mogu imati katastrofalan utjecaj na okoliš. Čovjekova ovisnost o energiji je sve veća i veća te je počeo shvaćati kako neće moći zauvijek koristiti konvencionalne izvore energije te se mora okrenuti nečemu što će moći proizvoditi energiju na duži period te neće biti štetno za okoliš. Obnovljivi izvori energije su upravo jedan od tih načina kako čovjek može osigurati sebi i svojim unucima čisti izvor energije koja će biti isplativija na dugi rok. Naravno sve ima svoju cijenu pa tako i obnovljivi izvori energije. Oni se očituju niskom efikasnošću, skupoćom te nerazvijenošću. Neki načini su više obećavajući od drugih te imaju veću jedinicu učinka u usporedbi s uloženim sredstvima. Jedan od takvih načina proizvodnje električne energije su hidroelektrane. One su veoma skupe te zahtijevaju velike radove pri njihovoj konstrukciji, također zahtijevaju održavanje bez obzira dali su u funkciji ili ne. Naravno imaju i loš utjecaj na okoliš i čovječanstvo. To možemo vidjeti na primjeru Hidroelektrane *Tri Klanca* koja je za svoju konstrukciju zahtijevala raseljavanje 1,2 milijuna ljudi. Također nakon početka punjenja akumulacijskog jezera poplavljene su mnoge obradive površine, brda, šume te na kraju cijeli gradovi. Kako bi se efikasnije i čišće koristio potencijal kojeg nam daje Sunce potrebno je razviti nove tehnologije i usavršiti njihovo implementiranje i korištenje. Nove tehnologije i otkrića koja se svakodnevno otkrivaju daju nam ogroman potencijal u tom sektoru.

(36 stranica / 9 slika / 9 tablica / 15 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: fosilna goriva, električna energija, hidroelektrane, obnovljivi izvori energije, zagađenje okoliša, okoliš, brane

Mentor: mr.sc. Tanja Radić Lakoš, v. pred.

Rad je prihvaćen za obranu:

THE IMPACT OF HYDROELECTRY ON THE ENVIRONMENT

SlavkoSito

Ive Lole Ribara 5 Budrovci, 31 400 Đakovo, slavko.sito@gmail.com

The society today uses fossil fuels more than ever in history. This results in degradation of the environment, that is, everything that surrounds us. Fossil fuels are a dirty source of energy and all the harmful substances released by their combustion and even poor use, the neglect of people during their mining and transportation can have a disastrous environmental impact. Human dependence on energy is getting bigger and bigger and it starts to realize that it will not be able to use conventional energy sources forever and must turn to something that will produce energy for a long time and will not be harmful to the environment. Renewable energy sources are just one of these ways that a man can provide himself and his grandchildren with a clean energy source that will be more profitable for a long time. Of course, everything has its own price, as well as renewable energy sources. They are manifested by low efficiency, high cost and underdevelopment. Some ways are more promising than others are and have a higher impact unit compared to the funds invested. One of these ways of producing electricity is hydroelectric power plants. They are very expensive and require great work on their construction, they also require maintenance regardless of whether they are in function or not. Of course, they also have a bad impact on the environment and humanity. This can be seen in the example of the *Three Georges Dam* Hydroelectric Power Plant, which required a displacement of 1.2 million people for its construction. Also after the filling of the reservoir lake, many cultivated areas, hills, forests and finally entire cities flooded. To make the Sun's potential more efficient and cleaner, it is necessary to develop new technologies and to perfect their implementation and use. The new technologies and discoveries that are discovered every day give us tremendous potential in this sector.

(36 pages / 9 figures / 15 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Keywords: fossil fuels, electrical energy, hidroelectrical power plants, renewable sources of energy, environmental pollution, environment, dams

Supervisor: Tanja Radić Lakoš, MSc, S.lec.

Paper accepted:

SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Uzroci onečišćenja okoliša.....	2
3. Obnovljivi izvori energije i njihov utjecaj na okoliš.....	6
3.1. Solarna energija.....	9
3.2. Energija vjetra.....	11
3.3. Hidroenergija.....	12
3.3.1. Hidroelektrane.....	13
3.3.2. Energija valova.....	14
3.3.3. Energija plime i oseke.....	15
3.4. Ostali oblici obnovljivih izvora energije.....	17
4. Hidroenergija u Republici Hrvatskoj.....	20
4.1. Razvoj hidroenergije u Republici Hrvatskoj.....	20
4.2. Hidroelektrane Republike Hrvatske.....	21
4.3. HE Rama.....	24
5. Najveće hidroelektrane svijeta.....	27
5.1. Hidroelektrana Tri klanca.....	27
5.2. Hidroelektrana Itaipu.....	30
5.3. Hidroelektrana Hoover Dam.....	31
6. Razvoj obnovljivih izvora energije kao rješenje na klimatske izazove.....	33
7. Zaključak.....	35
Literatura.....	36

1. UVOD

Korištenje obnovljivih izvora energije danas je poslalo bitno društveno-političko pitanje, prvenstveno s aspekta ekološke održivosti i opravdanosti ali i ekonomičnosti. Temeljna namjera rada bila je stoga istražiti i objasniti načine dobivanja energije iz obnovljivih izvora; prvenstveno putem solarnih elektrana i vjetroelektrana poseban fokus bit će usmjeren na hidroelektrane. Ovim radom također će se raspravljati i o zagađenju okoliša, čimbenicima koji ga degradiraju te izvori zagađenja. Također je razrađeno te obrazloženo kako pojedini izvori obnovljivih vrsta energije utječu na okoliš. Naglasak je stavljen na hidroelektrane gdje je detaljno opisana podjela hidroelektrana, vrste turbina, vrste samih brana te kako njihov rad utječe na okoliš i na čovjeka.

Rad je pisan induktivno-deduktivnom metodom, te je podijeljen u tri kompozicijske cjeline. U prvoj cjelini se govori o zagađenju okoliša te čovjekovom utjecaju na isti. Također su detaljno analizirani svi obnovljivi izvori energije, njihova funkcionalnost, rentabilnost te proizvodnja energije i dostupnost. Njihov utjecaj na okoliš je jedan od najvažnijih faktora te je također sastavljen u ovom radu. Nadalje, stavljen je fokus na Hrvatsku te njezino gospodarenje s vodnim resursima i hidroelektranama. Hrvatska se može ponositi sa svojim hidroelektranama jer ih ima mnogo te su njihovi kapaciteti iskorišteni do maksimuma. Također u ovoj cjelini se opisuje primjer hidroelektrane Rama koja se nalazi u BIH a čija je izgradnja imala izniman utjecaj na okoliš i društvo u tom području i u periodu izgradnje. Naposljetku, u trećem dijelu opisat će se neke od najvećih i najpoznatijih hidroelektrana na svijetu, govorit će se o njihovim posebnostima i njihovom utjecaju na okoliš.

2. UZROCI ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA

„Okoliš je prirodno okružje; zrak, tlo, voda, klima i živa bića u ukupnosti uzajamnog djelovanja. Okolišu se pridodaje i kulturna baština kao dio okružja koju je stvorio čovjek”¹

„Onečišćenje okoliša je svaka kvalitetna i kvantitetna promjena fizičkih, kemijskih i bioloških svojstava osnovnih sastojnica okoliša, nastala unošenjem kemijskih tvari koje dovode do narušavanja zakonitosti u ekosustavu temeljenih na mehanizmima samoregulacije, a mogu izazvati negativne posljedice za zdravstvene, gospodarstvene i druge uvjete života.”²

Uzroci onečišćenju okoliša mogu biti mnogobrojni, mogu biti uzrokovani prirodnim putem ili djelovanjem ljudske ruke. Kod prirodnih nepogoda podrazumijeva se utjecaj sila prirode koje svojim djelovanjem nepogodno djeluju na okoliš u kojemu se nalaze. U prirodne nepogode ubrajamo: erupcije vulkana, potresi, poplave, suše, tuče, uragani, odron zemljišta i dr.. Ove prirodne nepogode ne možemo spriječiti, možemo samo pokušati umanjiti njihov utjecaj na okoliš i ljude. To možemo postići: evakuacijom ljudi, izgradnjom nasipa, izrađivanjem planova u slučaju opasnosti, izgradnjom sustava za navodnjavanje i dr..

Za razliku od prirodnih nepogoda koje se u većini slučajeva događaju same od sebe, za antropogeno zagađenje okoliša smo zaduženi mi, ljudi. Nepogodnim djelovanjem na prirodu mijenjamo kemijski sastav prirode, poremećujemo eko sustav i teraformiramo zemlju kako nama odgovara. Naravno sve navedene akcije imaju specifično djelovanje na okoliš i eko sustav i one se očituju u vidu ekoloških katastrofa kao što su: pucanje brana, kisele kiše, požari, eksplozija nuklearnih reaktora, zagađenje vode, cvjetanje mora i dr..

„Prema današnjim saznanjima, onečišćivači okoliša mogu se svrstati u pet osnovnih skupina:

- 1) Prirodni onečišćivači (otpadne vode)
- 2) Minerali kao onečišćivači (živa, kadmij, olovo, cink, teški metali itd.)
- 3) Izgaranje goriva (ugljen, nafta i njeni derivati, plin, biomasa itd.)
- 4) Upotreba kemikalija
- 5) Nuklearni otpad (nuklearna goriva)”³

¹ Đikić D. i sur, Ekološki leksikon, Barbat, Zagreb, 2001., str. 283

² Đikić D. i sur, Ekološki leksikon, Barbat, Zagreb, 2001., str. 285

³ Udovičić B., Čovjek i okoliš, Kigen, Zagreb, 2009., str. 99-100

Jedan od najvećih onečišćivača je otpadna voda. Ona je najrasprostranjeniji oblik onečišćenja okoliša na svijetu. Svjetska zdravstvena organizacija navodi da je za 80 posto oboljenja u svijetu upravo uzrok nepročišćena voda te da godišnje u zemljama trećeg svijeta umre preko 25 milijuna ljudi. Iako prirodni organizmi razlažu biološki otpad, otpadna voda ostaje veliki zagađivač zbog prekomjernog korištenja.

Kod izgaranja goriva (fosilnih i bio goriva) dolazi do ispuštanja štetnih plinova u atmosferu koji štetno djeluju na biljni i životinjski svijet. Upravo ti plinovi i kemijski sastavi dolaze u atmosferu te dolazi do zasićenja i stvaranja smoga (u velikim gradovima kao što su: Tokyo, New York, Peking, Šangaj), razgradnje ozonskog omotača te nastanak ozonskih rupa (koje dovode do većeg propuštanja UV zraka na Zemlju), stvaranje efekta staklenika te postupno zagrijavanje Zemlje. Upotrebom kemikalije koje se koriste kako u raznim industrijama pa tako i u poljoprivredi dolazi do masovnog zagađenja Zemlje te podzemnih voda.

Najveći zagađivači našeg doba su elektrane. „Elektrane su postrojenja u kojima se toplinska energija dobivena oksidacijom fosilnih goriva ili nuklearnim reakcijama u nuklearnom gorivu, te kinetička energija kretanja vode i zračnih masa ili energija sunčevog zračenja transformira u električnu energiju. Unutar postrojenja električna se energija proizvodi u parnim kotlovima, ložištima plinskih turbina ili nuklearnim reaktorima.“⁴

Rastom svjetske populacije, tehnologija i novih proizvoda sve je veća potražnja i potreba za električnom energijom a ona se upravo očituje i sve većom proizvodnjom. Razvojem tehnologija kako u drugim vrstama industrije pa tako i u industriji proizvodnje električne energije dolazi do povećanja efektivnosti i efikasnosti njezine proizvodnje, transporta i na kraju konzumacije. Upravo radi porasta proizvodnje dolazi do pojačanog zagađenja okoliša i atmosfere. Područja prevelike zagađenosti su upravo područja gdje se nalazi najveća koncentracija industrijskih pogona i velikih koncentracija prometa.

Danas se najjačim onečišćivačima atmosfere smatraju:

1. Dušikovi oksidi (NO_x)
2. Sumporni dioksid (SO_2)
3. Ugljični monoksid (CO)
4. Ugljični dioksid (CO_2)
5. Lebdeće čestice (sitne čestice metala, kiselina, prašine itd.)

⁴Feretić D. i sur. Elektrane i okoliš, Element, Zagreb, 2000., str. 1

U tablici 1. su navedene informacije o najvećim emiterima CO₂na svijetu u usporedbi 1990. god. i 2016. god. izraženim u mega tonama (Mt).

Tablica 1: Prikaz najvećih proizvođača CO₂ u svijetu

1990 god.		2016 god.	
Država	Mt/CO ₂	Država	Mt/CO ₂
SAD	4873	Kina	8796
Rusija	2340	SAD	5112
Kina	2201	Indija	2088
Japan	974	Rusija	1560
Njemačka	957	Japan	1096
Ukrajina	618	Njemačka	744
Velika Britanija	558	Iran	610
Indija	513	Južna Korea	588
Kanada	428	Kanada	564
Italija	386	Saudijska Arabija	555

Izvor: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html> 24.07.2017

Najveće zagađenje se upravo događa u atmosferi. Zrak je osnovna potreba čovjeka i ostalih živih bića, bez njega ne možemo izdržati niti 5 minuta. Onečišćenje atmosfere se može dogoditi prirodnim putem i ljudskim djelovanjem koji je zapravo najveći problem današnjice. Nastanak kiselih kiša koje nastaju zbog prisustva spojeva sumpornih, ugljikovih i dušikovih kiselina koje se otapaju padanjem kiše te tako uzrokuju propadanje velikih površina šuma i ostalog biljnog svijeta. Veliki problem nastaje kada se CO₂ otapa u moru te tako nastaje kiseljenje mora te snižavanje njegove pH vrijednosti. Procjenjuje se da se od 1700. godine do 1990. godine pH vrijednost mora smanjila sa 8.25 na 8.14, što za posljedicu ima brojne probleme.

Biokemijske promjene koje se događaju u morima i oceanima potkopavaju i narušavaju stabilnost ekosustava. Povećanje kiselosti mora stvara probleme za morske organizme tako što im poremećuje i usporava probavu, oslabljuje im imunološki sustav, oslabljuje otpornost na patogene organizme, također uzrokuje otežano upijanje i korištenje kalcija koje koriste brojne vrste školjaka i koralja.

Otežanim upijanjem kalcija koralji se izbjeljuju i odumiru što za posljedicu ima nestanak brojnih vrsta biljaka i životinja koji žive u ekosustavima koralja. Upravo ti koralji su dom, zaštita i hrana brojnim vrstama riba koje se mogu naći samo u takvim uvjetima.

Slika 1: Koralji prije, tijekom i nakon procesa umiranja



Izvor: https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/analyses_guidance/global_coral_bleaching_2014-17_images/fig3_american-samoa_before-during-after_2015.jpg 07.08.2017

3. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ

Obnovljivi izvori energije su oni koje priroda stalno nadomješta — sunce, vjetar, voda, biomasa i Zemljina toplina. Iz njih pomoću tehnologija za korištenje obnovljivih izvora energije dobivamo iskoristive oblike energije: struju, toplinu i goriva. Obnovljive, odnosno prirodne izvore energije možemo podijeliti u dvije glavne kategorije: tradicionalne obnovljive izvore energije poput biomase i velikih hidroelektrana, te na takozvane "nove obnovljive izvore energije" poput energije Sunca, energije vjetra, geotermalne energije itd.

Većim korištenjem energije iz obnovljivih izvora se smanjuje ovisnost o fosilnim gorivima, stvara proizvodnju električne energije održivom, pojačava tehnološki napredak te povećava zaposlenost u ovim granama industrije.

Razvoj obnovljivih izvora energije (osobito od vjetra, vode, sunca i biomase) važan je zbog nekoliko razloga:

- Obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisiju ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferu. Smanjenje emisije CO₂ u atmosferu je politika Europske unije, pa se očekuje da Hrvatska poštuje tu politiku.
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetske održivosti sustava.
- Pomaže u poboljšavanju sigurnosti dostave energije.
- Smanjuje ovisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije.
- Smanjuje zagađenje okoliša jer koriste energiju koja je obnovljiva i obilna u prirodi.
- Očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjem do dugom razdoblju.

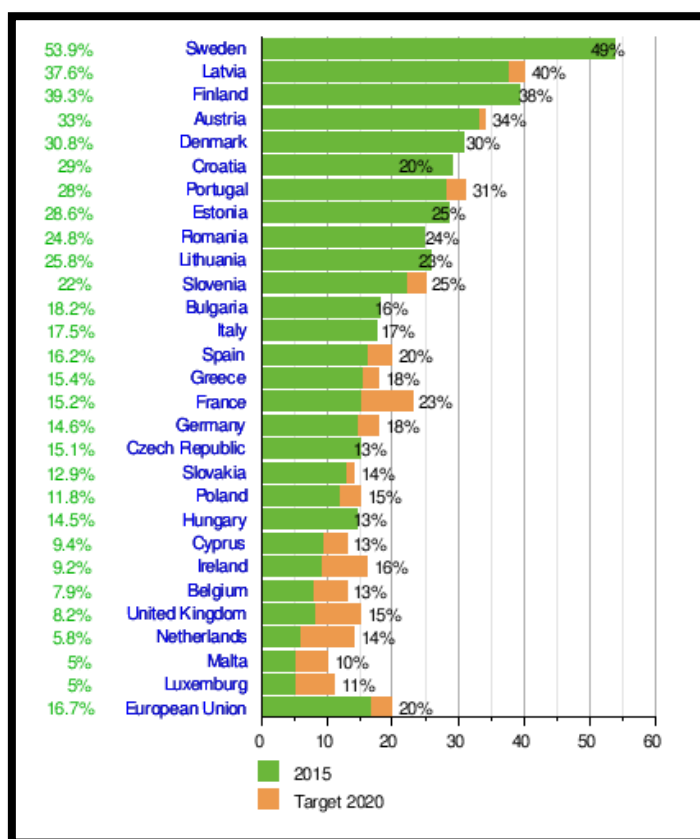
U Europskoj uniji se 2012. god. proizvelo 14.1% energije iz obnovljivih izvora, što je pomak od 6% u odnosu na 2004. god. kada se proizvelo samo 8.3%. Cilj Europske unije je do 2020. god. dostići proizvodnju od 20% te i dalje postupno povećavati proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Svaka članica Europske Unije ima vlastiti cilj koji mora ostvariti kako bi se ostvario glavni cilj (2020). Zbog svoje veličine ili gospodarstva neke članice moraju proizvesti veći postotak energije iz obnovljivih izvora, a neke manje. Ovaj postotak varira od

10% koji je predviđen za Maltu, do 49% koji je predviđen za Švedsku. Sve članice bi također trebale ostvariti potrošnju goriva iz obnovljivih izvora u svrhu transporta za minimalno 10%.

Sve članice Europske Unije su usvojile „Nacionalni akcijski plan obnovljivih izvora energije“ u kojem stoje planovi i akcije koje se trebaju poduzeti kako bi ostvarile svoj zacrtani cilj. Ovi planovi i akcije uključuju sektorske ciljeve za električnu energiju, hlađenje i grijanje, transport, planirane političke mjere, te razne nove tehnologije koje planiraju uvesti.

Europska unija također planira još veće povećanje proizvodnje električne energije nakon 2020. godine. Nova direktiva 2030 dana je na prijedlog 30. studenog 2016. godine. Sve članice Europske unije su se dogovorile te postavile cilj za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora koji će iznositi 27% za cjelokupnu Europsku uniju. Izvještaj iz 2015. godine govori da je udio energije iz obnovljivih izvora iznosio 16,4%, što je jako blizu cilju od 20% za 2020. godinu.⁵

Slika 2: Prikaz ostvarenog postotka korištenja energije iz obnovljivih izvora



Izvor: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/timeline/83eca9070315cf5364460d7c0fc7e842.png> 08.08.2017.

⁵ Izvor: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy> 08.08.2017.

Veliki udio u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora rezultat je ekološke osviještenosti stanovništva, koje usprkos početnoj ekonomskoj neisplativosti instalira postrojenja za proizvodnju "čiste" energije. Primjer ekološke osviještenosti stanovnika možemo vidjeti u solarnoj elektrani LEIS koja se nalazi u Donjoj Motičini pored Našica. Investitor i vlasnik postrojenja je gospodin Franjo Leis koji je potpisao ugovor s HROTE na 14 godina. Elektrana je snage 10 kW, a korišteno je 48 fotonaponskih modula snage 205 W hrvatskog proizvođača Solvis iz Varaždina. Procijenjena godišnja proizvodnja Sunčane elektrane Leis je oko 12,6 MWh sunčeve električne energije.⁶

Postotak uporabe ekološki prihvatljivih obnovljivih izvora energije još je uvijek na globalnoj skali zanemariv iako u posljednjih nekoliko godina ima tendenciju rasta. Kao posljedica pretjerane uporabe fosilnih goriva zaslužuju posebnu pažnju ne samo s energetskog već svakako i s ekološkog gledišta. Različiti izvori energije imaju različite utjecaje na okoliš u kojem se ti izvori energije proizvode, transportiraju ili koriste.

Solarna energija – iako energija Sunca ima ogroman potencijal, zbog male iskoristivosti bilo bi potrebno prekriti velike površine da se dobije ozbiljnija količina iskoristive energije. Takvo rješenje ekološki je prihvatljivo samo u područjima u kojima nema vegetacije, tj u pustinjama. Instaliranje solarnih kolektora ili solarnih ćelija na krovovima kuća gotova da nema negativnog učinka na okoliša.

Hidro energija – iskorištavanjem energije vode ne stvara se nikakvo zagađenje okoliša, ali sami infrastrukturni objekti mogu znatno utjecati na okoliš. Dodatni problem je presijecanje prirodnih tokova vode i time presijecanje ruta kretanja pojedinih vodenih životinja.

Energija vjetra – sama proizvodnja energije iz vjetra nema ozbiljnijeg negativnog učinka na okoliš. Gledano iz ekološkog aspekta, jedina ozbiljnija zamjerka vjetroelektranama je negativan utjecaj na ptičje populacije, tj. elise vjetrenjača ubijaju ptice. Kao manje zamjerke vjetroelektranama navodi se vizualno zagađivanje okoliša.

Geotermalna energija – iskorištavanjem geotermalne energije ne dolazi do zagađenja okoliša. Isto kao i kod ostalih obnovljivih izvora energije i kod iskorištavanja geotermalne energije moraju se izgraditi neki infrastrukturni objekti, ali utjecaj tih objekata na okoliš je zanemariv kada se gleda količina proizvedene energije.

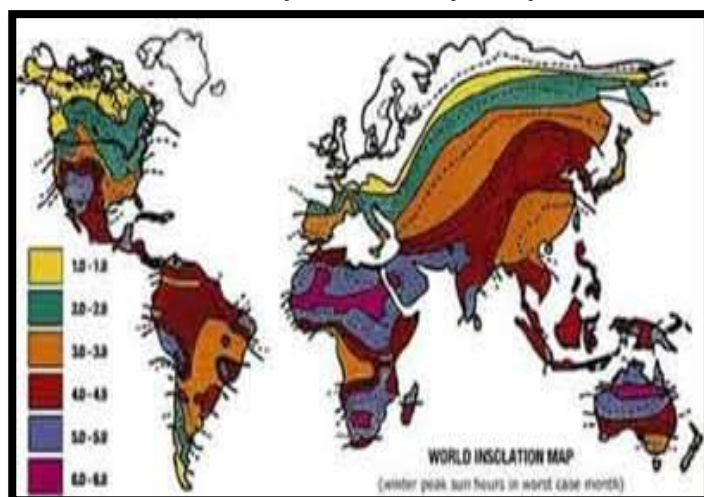
⁶<http://www.obnovljivi.com/obnovljivi-izvori-energije-u-regiji/1794-suncana-elektrana-leis>

Bio energija – ona sam po sebi nemaju negativan utjecaj na okoliš ukoliko se drži pod kontrolom. Bio goriva koja se koriste za vožnju automobila i u drugim primjenama ispuštaju CO₂ u atmosferu kao i fosilna goriva. Razlika između fosilnih goriva i bio goriva je u tome što bio goriva ispuštaju plinove u atmosferu koje je biljka u sebi apsorbirala tijekom svoga života, te se oni samo vraćaju u prvobitno stanje. Također jedan problem na koji nailaze bio goriva je glad u svijetu. Kukuruz, soja i ostale žitarice koje se koriste za proizvodnju goriva se mogu iskoristiti kako bi nahranili mnoštvo ljudi u slabije razvijenim dijelovima svijeta gdje vlada glad i siromaštvo.

3.1. Solarna energija

Sunce je nama najbliža zvijezda te izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura doseže 15 milijuna °C. Radi se o fuziji⁷, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Ova se energija u vidu svjetlosti i topline širi u Svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje. Nuklearna fuzija odvija se na Suncu već oko 5 milijardi godina, kolika je njegova procijenjena starost, a prema raspoloživim zalihama vodika može se izračunati da će se nastaviti još otprilike 5 milijardi godina. Pod optimalnim uvjetima, na površini Zemlje može se dobiti 1 kW/m² insolacije⁸, a stvarna vrijednost ovisi o lokaciji, godišnjem dobu, dobu dana, vremenskim uvjetima itd.

Slika 3: Vrijednost insolacije u svijetu.



Izvor: http://atlas.geog.pmf.unizg.hr/e_skola/geo/mini/obnov_izvori_energ/images/karta%201.jpg 08.08.2017

⁷Nuklearna fuzija proces u kome se spaja više atomskih jezgri pri čemu nastaje teža atomska jezgra. To je praćeno oslobađanjem ili apsorpcijom energije što je ovisno o masi uključenih atomskih jezgri.

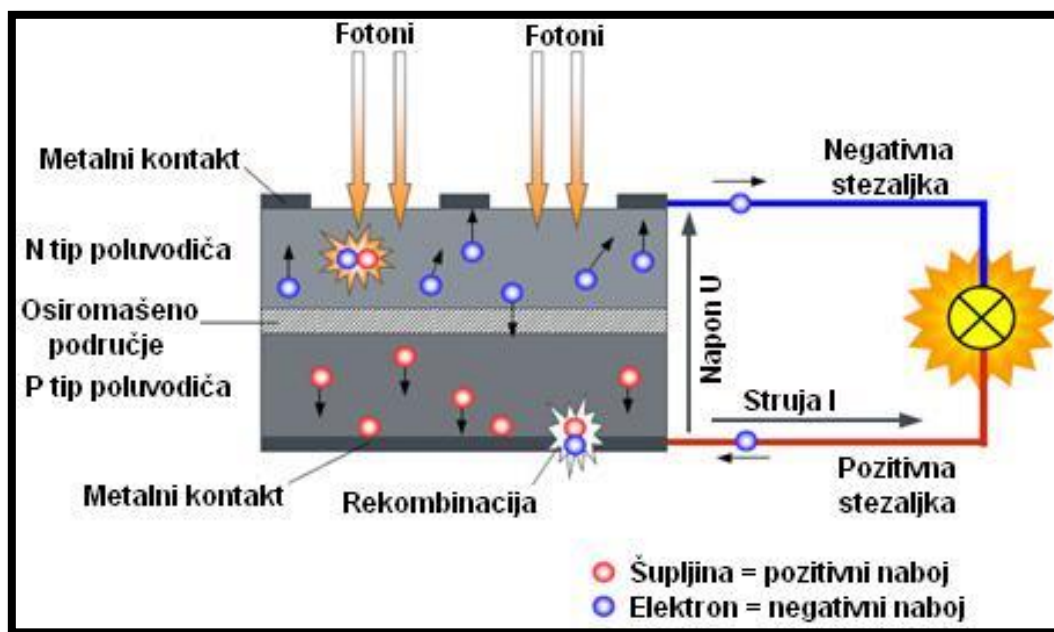
⁸Insolacijaje količina energije što je prima Zemlja sa sunčevim zrakama.

Osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su:

- solarni kolektori (pretvorba sunčeve energije u toplinsku),
- fotonaponske ćelije (direktna pretvorba sunčeve energije u električnu energiju)
- fokusiranje sunčeve energije (za upotrebu u velikim energetskeim postrojenjima).

Dobivanje toplinske energije pomoću energije Sunca danas predstavlja isprobanu tehnologiju, a oprema je široko dostupna na tržištu (neki ljudi sami postavljaju solarne kolektore kućne radinosti jer su materijali široko dostupni). Preduvjeti za takvu uporabu energije Sunca u Republici Hrvatskoj su odlični, a osnovni razlozi za relativno slabu primjenu su nepoznavanje tehnologije, prevladavajuće mišljenje da je potrebna investicija nedostižno visoka i slaba dostupnost informativnih i obrazovnih materijala.

Slika 4: Način funkcioniranja fotonaponskih ćelija.



Izvor: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Fotoelektricna_konverzija_PN_spoju.jpg
08.08.2017.

Najjednostavniji sustavi za iskorištavanje sunčeve energije su oni koji koriste sunčevu toplinu kako bi grijali svoja domaćinstva. Dovoljno je imati kolektore od 4 do 6 m² te spremnike od 200-400 litara vode. Takvi sustavi mogu godišnje osigurati do 3000 kWh energije. Ovakvi sustavi su obilni i lako se mogu naći i po povoljnim cijenama. Tko god želi dugoročno uštedjeti novce na računima za grijanje i struju svakako bi trebali imati jedan ovakav sustav.

Najveći problem koji odbija najveći broj kupaca solarnih sustava (bilo foto naponskih, ili sustava za grijanje prostora) je cijena. Iako gorivo je besplatno (sunce) cijena za početno ulaganje je prevelika te se konvencionalni sustav grijanja čini puno primamljiviji, i kratkoročno isplativiji.

3.2.Energija vjetra

Vjetar je horizontalna komponenta strujanja zraka prouzročena toplinskom razlikom, odnosno razlikom tlaka susjednih područja. U osnovi, vjetar pokreće Sunčevo zračenje. Budući da se proces pokretanja vjetra nikada ne zaustavlja, vjetar je obnovljiv izvor energije. Globalna cirkulacija zraka na zemaljskoj kugli uspostavlja se jer Sunce zagrijava ekvator više od ostalih dijelova. Topao zrak nad ekvatorom diže se do visine od približno 10 km i kružno raspršuje pod utjecajem Coriolisove sile (zbog rotacije Zemlje), a hladan zrak popunjava nastale praznine, stvarajući na taj način stalne vjetrove.

Energija vjetra je oblik solarne energije, stvorena cirkulacijom u Zemljinjnoj atmosferi, kojoj je uzrok toplina Sunca. Ljudi su koristili energiju vjetra tisućama godina putem jedrenjaka ili vjetrenjača. Energija vjetra može biti korištena direktno ili može biti pretvorena u električnu. Iskorištavanje vjetra je najbrže rastući dio obnovljivih izvora energije. Rast iskorištenja je toliko veliki da će premašiti planiranu kvotu EU.

Promatrajući karakteristike vjetra na prostoru Hrvatske, može se zaključiti da Hrvatska ima na desetke područja koja imaju zadovoljavajući vjetropotencijal za izgradnju elektrana. Mjerenja određenih karakteristika vjetra (brzina, smjer, učestalost) pokazala su kako je za iskorištavanje energije vjetra povoljnije područje Jadrana od kontinentalnog dijela Hrvatske. Za projekte vjetroelektrana je do sada iskazano najviše interesa na područjima Zadarske, Šibensko-kninske, Splitsko-dalmatinske i Dubrovačko-neretvanske županije.⁹

⁹http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrane_u_Hrvatskoj 08.08.2017

Tablica 2: Najveće vjetroelektrane u Hrvatskoj

Vjetroelektrana	Instalirana snaga (MW)	Mjesto	Godišnja proizvodnja (GW)	Puštena u rad
VE Danilo	43.7	Šibenik	100	2014.
VE Vrataruša	42	Senj	125	2011.
VE Kamensko- Voštane	40	Trilj	114	2013.
VE Bruška	36.8	Benkovac	122	2012.
VE Ponikve	36.8	Pelješac	122	2013.

Izvor: http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrane_u_Hrvatskoj 08.08.2017

3.3.Hidroenergija

Snaga vode se koristi već stoljećima, od pogona za pilane, mlinove, isušivanje tla (Nizozemska) pa sve do pokretanja velikih mehaničkih postrojenja za proizvodnju električne energije. U Europskim se zemljama, i ostalim zemljama svijeta snaga vode danas iskorištava skoro pa isključivo za proizvodnju električne energije. Tehnologija koja se koristi za iskorištavanje snage vode je znatno razvijena da zauzima drugo mjesto u energiji koja se proizvodi iz obnovljivih izvora.

Hidroelektrane su energetska postrojenja u kojima se potencijalna energija vode pomoću turbine pretvara u mehaničku (kinetičku) energiju, koja se u električnom generatoru koristi za proizvodnju električne energije. Iskorištavanje energije vodnog potencijala ekonomski je konkurentno proizvodnji električne energije iz fosilnih i nuklearnog goriva, zato je hidroenergija najznačajniji obnovljivi izvor energije (predstavlja 97% energije proizvedene svim obnovljivim izvorima).

Hidroenergija ipak značajno zaostaje za proizvodnjom u nuklearnim ali i termoelektranama. Razlog takvom stanju leži u činjenici da iskorištavanje hidroenergije ima, također bitna tehnička i prirodna ograničenja. Glavno ograničenje jest zahtjev za postojanjem obilnog izvora vode kroz cijelu godinu jer je skladištenje električne energije skupo i vrlo štetno za okoliš. Kako bi se izbjegle oscilacije vodostaja na određenim je lokacijama potrebno izgraditi brane i akumulacijska jezera. Izgradnja akumulacijskih jezera često zahtijeva potapanje velikih dijelova dolina a ponekad i cijelih naselja.

„Od ekonomski iskoristivog potencijala vodnih snaga u svijetu (9.000-10.000 TWh/god) do danas je iskorišteno nešto manje od 30%. Najveći dio neiskorištenog potencijala nalazi se u manje razvijenom dijelu svijeta (Afrika, Azija, Južna Amerika), dok u razvijenom dijelu svijeta (Europa, i Sjeverna Amerika) iskorišteno više od 50% potencijala.“¹⁰

3.3.1. Hidroelektrane

Razlikujemo nekoliko vrsta hidro elektrana:

- Akumulacijske hidroelektrane, ove hidroelektrane koriste veliku količinu vode kombiniranu s visokim tlakom brane ili jezera
- Protočne hidroelektrane, ovaj tip hidroelektrane se koristi u prirodnim tokovima vode, u rijekama i kanalima
- Male hidroelektrane, hidroelektrana snage minimalne 10 kW, a maksimalne do 30 MW

Također kako imamo više vrsta hidroelektrana tako imamo i više vrsta turbina koje su pogodnije za određene vrste hidroelektrana, a to su:

- Kaplanova turbina, funkcionira isto kao i brodski vijak, koristi se u situacijama malog pada i velikih količina vode.
- Francisova turbina, jedna od najstarijih vrsta turbina na svijetu, njeno tipično obilježje je kućište u obliku puževe kućice. Koristi se kod malog pada i srednjih količina vode, a ponekad i kod velikog pada i velikih količina vode.
- Peltonova turbina, idealno napravljena za veliki pad i male količine vode.
- Protočne turbine, pogodne za mali pad i male količine vode.

Osim osnovnih uloga brana (proizvodnja električne energije) one mogu imati i vrlo važnu ulogu i u poljoprivredi, turizmu, ribarstvu, plovidbi i ostalim djelatnostima. Akumulacijske hidroelektrane omogućuju vremensku i količinsku preraspodjelu vodenih resursa, te ublažiti razornost prirodnih nepogoda kao što su suša i poplava. Višenamjenski karakter akumulacije hidroelektrana daje na njezinoj važnosti, te postavlja složene zahtjeve pri njihovom dizajnu i konstrukciji.

¹⁰Potočnik V., Obnovljivi izvori energije i zaštita okoliša u Hrvatskoj, Ministarstvo za zaštitu okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, 2002.,str 41

Razvitak tehnologije iskorištavanja vodenih snaga možemo pripisati stručnom i znanstvenom djelu hidrotehnike. „Hidrotehnika je građevinska disciplina o iskorištavanju vodnih resursa za različite gospodarstvene svrhe, pomoću specijalnih inženjerskih građevina, objekata i konstrukcija“¹¹

3.3.2. Energija valova

Valovi nastaju radi gibanja vjetra preko površine mora. Dakle gibanje valova, njihova visina, brzina i dužina ovisi o vjetru koji puše nad njima. Valovi se razlikuju po visini, dužini i brzini o čemu ovisi i njihova energija. Svaki val nosi potencijalnu energiju koja nastaje zbog gibanja vode. Valovi u prosjeku stvaraju snagu od 2,700 GW a s današnjom tehnologijom možemo uhvatiti samo 500 GW.

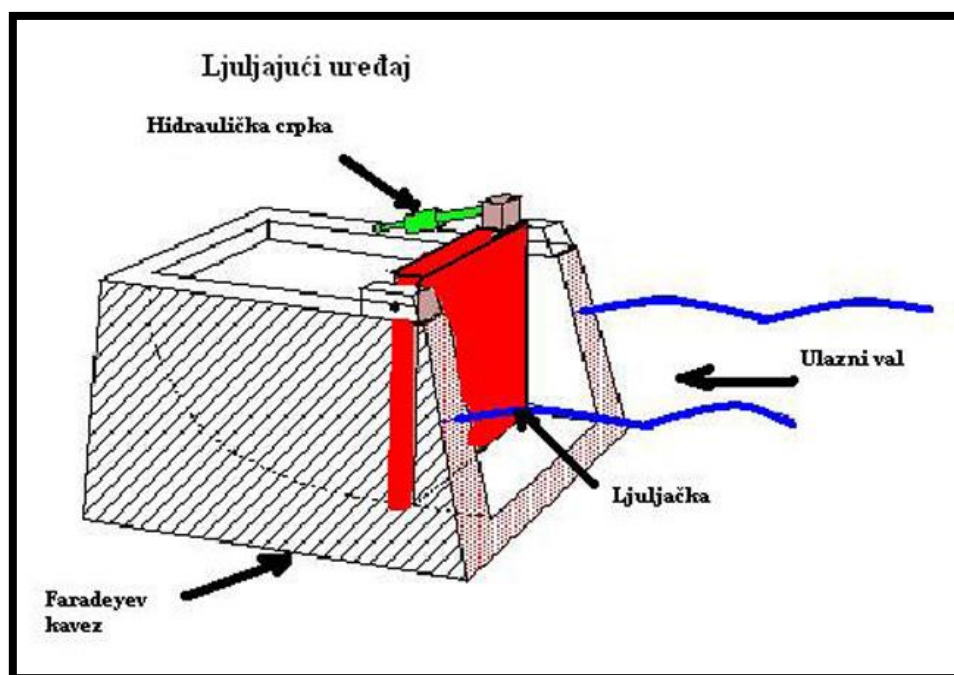
Jednostavniji oblik iskorištavanja energije valova bio bi neposredno uz obalu zbog lakšeg tj. jeftinijeg dovođenja energije potrošačima. Međutim, energija valova na pučini znatno je veća, ali je i njezino iskorištavanje puno skuplje. U Velikoj Britaniji i Japanu već se duže vrijeme istražuju mogućnosti iskorištavanja ovog oblika energije. Neki od nedostataka ovakvog iskorištavanja energije je nedostatak pouzdanosti plutajućih objekata zbog korozivne i mehanički neodrediva okoline. Razvojem offshore naftne industrije veliki dio problema se mogu riješiti današnjom tehnologijom.

Do sada su osmišljeni nekoliko koncepata kako najbolje iskoristiti moć valova. Projekti koji najviše obećavaju su:

- Plutače, Snaga uređaja 50 Mw ali ukoliko ih se više stavi na jedan prostor opravdavaju svoj slab potencijal električne energije sa svojom cijenom i količinom.
- Ljuljajući uređaj (slika 5), - gibanje mora tjera ovu ljuljačku da oscilira gore-dolje što tu energiju gibanja pretvara u električnu energiju. Do sada najveći model ima potencijal od 2 Mw te je u fazi testiranja.
- Morska zmija (Pelamis, slika 6), Konstrukcija je u potpunosti odvojena od mora i radina principu crpke zraka koja tjera zrak u zračnu turbinu i generator. Dimenzije uređaja su 120 m duljine, 3,5 m promjera i 750 T mase.

¹¹Stojić P., Hidroenergetika, Građevinski fakultet sveučilišta u Splitu, Split, 1995.,str. 47

Slika 5: Ljuljajući uređaj



Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/thumb/4/42/Ljuljaju%C4%87i_ure%C4%91aj.jpg/220px-Ljuljaju%C4%87i_ure%C4%91aj.jpg

Slika 6: Pelamis



Izvor: <http://csmres.co.uk/cs.public.upd/article-images/Pelamis.JPG>

3.3.3. Energija plime i oseke

Plima i oseka nastaju kao posljedica gravitacijskih sila Sunca i Mjeseca. Ta se energija može dobivati na mjestima gdje su morske mijene izrazito naglašene (plimna amplituda veća od 10

metara). Princip je jednostavan i vrlo je sličan principu hidroelektrane. Na ulazu u zaljev postavi se brana i kad se razina vode podigne, ona se propušta kroz turbinu u zaljev. Kad se zaljev napuni brana se zatvara i čeka se da razina vode padne. Tada se voda po istom principu propušta van iz zaljeva.

Energija plime i oseke se definira kao obnovljiva, i iz tog razloga se može točno predvidjeti kada će se nanovo dogoditi ta promjena. Iz tog razloga elektrane koje rade na ovaj princip ne mogu konstantno raditi, već se paliti i gasiti kada su povoljni odnosno nepovoljni uvjeti.

Postoje dva načina iskorištavanje energije plime i oseke, a to su:

1. Plimne brane
2. Iskorištavanje plimnih tokova

Plimne brane – su postrojenja koja su jako slična hidroelektranama. One imaju velike zidove koje služi kao brana bodi da ne pobjegne iz rezervoara. Tijekom plime voda se pošta kroz turbinu u rezervoar te se tako proizvodi električna energija. Kada krene nastupati oseka zatvori se prolaz vodi kako ona ne bi otekla u more. Kada se stvori dovoljna razlika između mora i rezervoara s vodom onda se opet puta kroz turbinu te opet stvara električnu energiju. S tim principom plimna brana ne može raditi konstantno kao i hidro elektrana, već bi radila u intervalima kada za to postoje povoljni uvjeti.

Ovaj način iskorištavanja energije plime i oseke ima gotovo istu posljedicu za okoliš kao i hidroelektrane. One mijenjaju razine vode u okolišu te presijecaju prirodne puteve raznih životinja, te mogu potopiti velike površine i promijeniti kvalitetu vode.

Iskorištavanje plimnih tokova – plimni tokovi su velike količine vode koje se radi plime i oseke gibaju po oceanima. One se najčešće mogu primijetiti u plićim vodama gdje postoje prirodna suženja te se brzina vode u takvim uvjetima znatno povećava. Tehnologija koja se koristi za ovakav način proizvodnje električne energije je vrlo slična tehnologiji koja se koristi za iskorištavanje energije vjetra ali uz neke vrlo bitne razlike. Iz razloga što voda ima puno veću gustoću od zraka promjer lopatica mora biti znatno manji, također materijali koji se koriste u izgradnji ovakvih vrsta elektrana su pun skuplji.

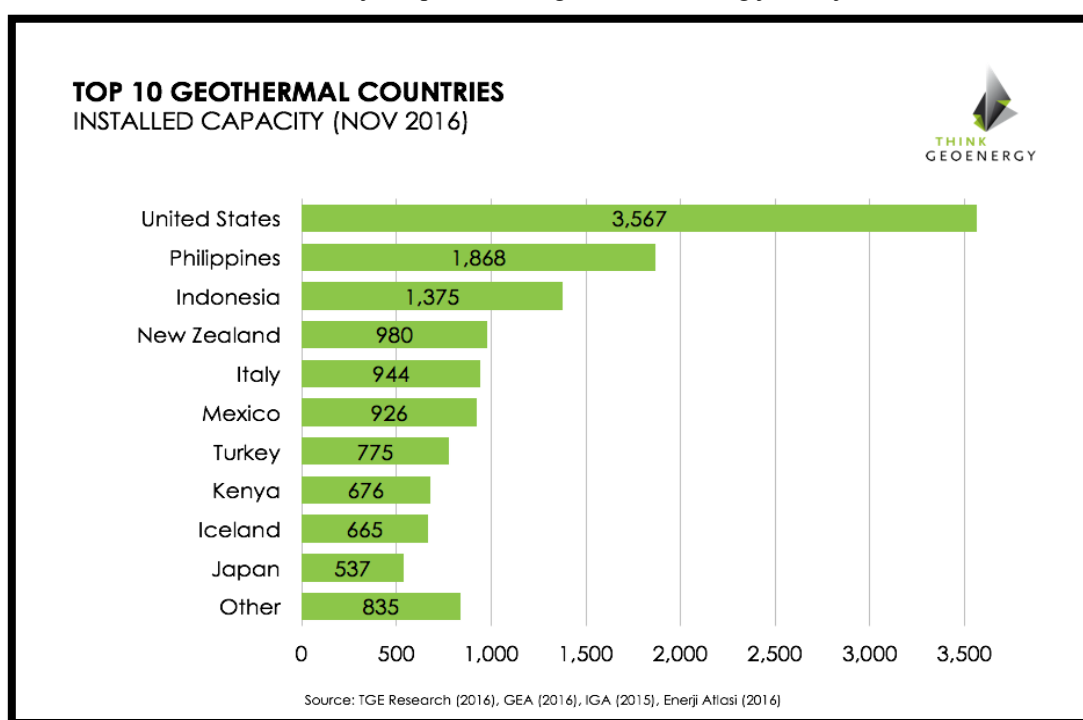
Utjecaj na okoliš ovakvih vrsta elektrana je jako malen gotovo nikakav. One ne sprječavaju prirodne tokove biljnih i životinjskih vrsta, niti mijenjaju kvalitetu vode. Jedini problem kod

ovih vrsta elektrana je utjecaj na floru i faunu u neposrednoj blizini rotora, te također mjesto koje je povoljno za izgradnju je teško dostupno za česta održavanja postrojenja.

3.4. Ostali oblici obnovljivih izvora energije

Geotermalna energija - nastaje polaganim prirodnim raspadanjem radioaktivnih elemenata koji se nalaze u zemljinoj unutrašnjosti. Duboko ispod površine voda ponekad dospije do vruće stijene i pretvori se u kipuću vodu ili paru. Kipuća voda može dosegnuti temperaturu od preko 150 stupnjeva Celzijusa, a da se ne pretvori u paru jer je pod visokim tlakom. Kad ta vruća voda dospije do površine kroz pukotinu u zemljinoj kori, zovemo je vrući izvor. Ako izlazi pod tlakom, u obliku eksplozije, zove se gejzir. Mnoge zgrade i bazeni mogu se grijati se geotermalnom vrućom vodom. Vruća voda i para iz dubine Zemlje mogu se rabiti za proizvodnju električne energije.

Slika 7: Najveći proizvođači geotermalne energije u svijetu



Izvor: http://www.thinkgeoenergy.com/wp-content/uploads/2016/11/tge_Top10_geothermal_Nov2016.png

Bušenjem rupa postavljaju se cijevi koje se spuštaju u vruću vodu. Vruća voda ili para uspinje se tim cijevima na površinu. Geotermalna elektrana je kao svaka druga elektrana, osim što se para ne proizvodi izgaranjem goriva već se crpi iz zemlje. Daljnji je postupak s parom isti kao kod konvencionalne elektrane: para se dovodi do turbine koja pokreće rotor električnog

generatora. Nakon turbine para odlazi u kondenzator, kondenzira se, da bi se tako dobivena voda vratila natrag u geotermalni izvor .

Ovaj izvor energije je jeftin, stabilan i trajan. Budući da nema dodatnih potreba za gorivom nema niti štetnih emisija, osim vodene pare. Glavni je nedostatak u malom broju lokacija gdje se vruća voda u podzemlju nalazi blizu površine. Nedostatak je i to što su te zone ujedno i glavne potresne zone što onda poskupljuje izgradnju takvih elektrana. Budući da su te zone uglavnom i slabo naseljene, problem je i prijenos energije do potrošača a ponekad su to i zaštićena područja npr. Yellowstone pa gradnja elektrana nije dozvoljena.

Bioenergija je obnovljivi izvor energije. On koristi materijale koji su došli iz prirodnih izvora kao što su: drvo, otpadci drvne industrije, slama, šećerna trska, kukuruz, balega, te mnogi drugi nusproizvodi koji nisu korisni u primarnom procesu proizvodnje. Naj uži sinonim bioenergije jest upravo biogorivo. Biogorivo je gorivo koje je dobiveno destilacijom materijala koji si došli iz prirodnih (obnovljivih) izvora. Također najčešća greška kod razumijevanja ovog termina jest biomasa. Biomasa je samo gorivo koje se sagorijeva kako bi dobili bio energiju.

Biomasi koja je pogodna za proizvodnju energije možemo pronaći u nekoliko izvora. Možemo je koristiti kao kruto gorivo, na primjer u drvnoj industriji se piljevina, kora od drveta, te neiskoristivi komadi drva koriste kako bi sušili trupce daske i grede za buduću preradu i proizvodnju, a ponekad tog otpada bude toliko da se energija koja je dobivena ovim putem može čak i prodati.

Biomasi također nalazimo i u tekućem stanju kao što su otpadne vode, balega. One se filtriraju iz vode te zatim prerađuju kako bi bile pogodnije za proces sagorijevanja. Energija koji se dobije za taj proces se koristi za pročišćavanje vode, kako bi dobili pitku vodu i električnu energiju. Balega je odavno poznata za korištenje biomase. Od raznih nomadskih plemena koje su balegu od krava, konja i ostalih preživača sakupljali i sušili te zatim koristili za grijanje, pa sve do modernih farmi koje koriste balegu kao primarni izvor energije. Upravo jedna takva farma nalaz se u blizini Đakova. Farma muznih krava koja primarno proizvodi mlijeko, koristi balegu kao izvor energije kako bi proizvela struju i toplinu potrebnu za grijanje obližnjih staklenika te tako uz to još proizvela van sezonsko povrće. Višak električne energije koje proizvedu jednostavno prodaju.

Najbolji izvor proizvodnje biogoriva za automobile i motore koje koriste gorivo dolaze iz kukuruza, šećerne trske, soje i riže. U šećernoj trski možemo naći 30% saharoze u odrasloj biljci koje se koristi u daljnjoj proizvodnji etanola. Ostatak biljke se otpad te se ne može koristiti u proizvodnji. Ostatak koji se ne koristi u proizvodnji se koristi u procesu sagorijevanja te tako proizvodi toplinu za sušenje biljaka u procesu proizvodnje etanola, također se koristi kako bi grijao bojlere te koristio u proizvodnji električne energije. Ovim putem su takva postrojenja samodostatna te ne trebaju vanjski izvor energije. Također u tim procesima uvijek bude viška električne energije se prodaje te napaja energetska mrežu.

Jedna takva tvornica etanola koja prerađuje šećernu trsku može proizvesti od 1000 MW do 9000 MW u novijim postrojenjima. Usporedbe radi, Angra 1 nuklearna elektrana proizvodi 657 MW električne energije. Do ovih velikih oscilacija dolazi zbog toga što se razvila nova tehnologija koja efikasnije može pretvarati energiju. Zamjena niskotlačnih u visokotlačne bojlere i turbine. Najbolji primjeri takve proizvodnje energije iz biomase se može pronaći u Brazilu. Ova vrsta energije je poželjna još iz razloga što proizvodi energiju su sušnom djelu godine kada hidroelektrane nisu u mogućnosti proizvesti toliku količinu električne energije zbog niske razine vode.

Ova vrsta energije je ekološki prihvatljiva jer stakleničke plinove koje proizvodi su biljke upile godinu prije te samo otvara novi krug upijanja i potrošnje. Problemi koji se mogu javiti kod ove vrste proizvodnje energije i etanola su: velike površine zasađene mono kulturama, iskorištavanje tla, deforestacija, ista površina se može koristiti za proizvodnju hrane.

Slika 8: Rafinerija etanola



Izvor: http://smarterfuelfuture.org/assets/content/Ethanol_Emissions_SmokingCornRefinery.jpg

4. Hidroenergija u Republici Hrvatskoj

Hrvatska početkom 21. stoljeća bilježi godišnji rast energije od prosječno 1-3% što se temelji uglavnom na potrošnji fosilnih goriva. Također sektor je obilježen rastućom cijenom energije i povećanim uvoz energije iz susjednih zemalja, vrlo skromnim rezervama nafte i zemnog plina. Ove značajke dovode do zaključka da se radi tehnološkog razvitka i općeg razvitka i poboljšanja stanja u ekonomiji i standardu života građana Republike Hrvatske povećava i njihova potreba za većom količinom energije. Povećanje svijesti građana o štetnim utjecajima velikih elektrana koje proizvode električnu energiju iz fosilnih goriva dovodi do pitanja: Kako osigurati veću količinu energije, ali bez zagađenja okoliša?

Odgovor na to pitanje su upravo obnovljivi izvori energije.

Usvajanjem paketa od nekoliko energetske zakona, otvorena su vrata reforme hrvatskog energetske zakona. Ciljevi ovih reformi su otvaranje energetske tržišta konkurentima te zaštita okoliša i korisnika energenata po uzoru na razvijene zemlje Europe.

„Glavni elementi reforme (Zakon o energiji i zakoni o tržištima električne energije, prirodnog plina i derivata nafte) su:

- Restrukturiranje monopolskih poduzeća (INA, HEP);
- Privatizacija energetske poduzeća;
- Postupno otvaranje tržišta energenata prema direktivama Europske unije.“¹²

4.1. Razvoj hidroenergije u Republici Hrvatskoj

Razvoj energetske korištenja vode u svrhu proizvodnje električne energije seže još od 1895. godine kada su niknule prve dvije elektrane na Skradinskom buku na rijeci Krki. HE Jaruga je izgrađena nedugo nakon prvih elektrana i to 1904. godine s instaliranom snagom od 5,4 MW. Nakon toga slijedi HE Miljacka 1906. godina, HE Ozalj 1908. godina na rijeci Kupi, HE Kraljevac 1912. na rijeci Cetini. Prve bitnije hidroelektrane, s jačom instaliranom snagom izgrađene su nakon Drugog svjetske rata (HE Vinodol, HE Zavrelje i HE Ozalj).¹³

¹²Potočnik V., Obnovljivi izvori energije i zaštita okoliša u Hrvatskoj, ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb 2002, str. 15.

¹³http://www.izvorienergije.com/energija_vode.html 24.08.2017

Stanje obnovljivih izvora energije u 2001. godini se zadovoljavalo samo sa hidroelektranama i djelomično od biomase. Ostala područja su bila u znatnom zaostatku. Također udio obnovljivih izvora energije u cjelokupnom sustavu električne mreže je iznosio 11%, a danas to iznosi 20% što najvećim djelom možemo zahvaliti hidroelektranama. Danas u energetsom sastavu Hrvatske imamo 39 hidroelektrana.

Ove hidroelektrane imaju zelene certifikate za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Iako Hrvatska koristi potencijale hidroenergije već dugi niz godina s različitim vrstama hidroelektrana (protočnim, akumulacijskim i reverzibilnim), upravo te najstarije su dotrajale i valjalo bi ih pravovremeno obnoviti. Samim korištenjem su dotrajale te im je prijeko potrebna revitalizacija. Također od njihove izgradnje i postojanja tehnologija je znatno uznapredovala te bi se mogla implementirati u starije hidroelektrane.

4.2. Hidroelektrane Republike Hrvatske

Hrvatska u današnjem sastavu svoje energetske mreže ima 39 hidroelektrana. Hidroelektrane možemo podijeliti na: velike, male, mini i piko. Ova podjela varira od države do države jer točna podjela koja vrijedi za sve još ne postoji.

Tablica 3: Velike hidroelektrane u Hrvatskoj

Velike hidroelektrane	Raspoloživa snaga (MW)	Prosječna proizvodnja (GWh)
HE Zakućac	486	1441
HE Senj	216	972
HE Dubrovnik	216	660,5
HE Varaždin	86,5	447
HE Orlovac	237	360
RHE Velebit	276/240	357
HE Čakovec	82	349
HE Dubrava	82,4	349
HE Gojak	48	191
HE Vinodol	94,5	139
HE Đale	40,8	128
HE Miljacka	24	122
HE Peruća	41,6	120
HE Rijeka	36,8	87
HE Sklope	22,5	85
HE Kraljevac	46,4	55
HE Lešće	42,3	31
Ukupna proizvodnja (GWh)		5893,5

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrane_u_Hrvatskoj 25.08.2017

Tako u Hrvatskoj imamo:

- 17 velikih hidroelektrana (više od 10 MW),
- 20 malih hidroelektrana (0,5 MW do 10 MW),
- 4 mini hidroelektrane (0,1 MW do 0,5 MW),
- 4 piko hidroelektrane (5 kW do 100 kW).

HE Zakućac je izgrađena u donjem toku rijeke Cetine, kod Omiša. Najveće je postrojenje na slivu rijeke Cetine, a po instaliranoj snazi i po mogućoj proizvodnji električne energije najveća je hidroelektrana u Hrvatskoj. Instalirana snaga iznosi 486 MW.¹⁴

Tablica 4: HE Zakućac

godišnja proizvodnja	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
električna energija	2.430 GWh	1.119 GWh	827 GWh	2127,3 GWh	2004 GWh	1528 GWh

Izvor: <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/zakucac.aspx> 25.08.2017

RHE Velebit je reverzibilna hidroelektrana. Nalazi se na rijeci Zrmanji 10 km uzvodno od Obrovca. Za proizvodnju električne energije koristi vodne tokove na Gračačkom polju i to: Opsenice, Ričice, Otuče i potoka Krivka. U crpnom pogonu RHE Velebit uz vodu navedenih rječica koristi i vode rijeke Zrmanje. U tom slučaju, koristeći noćni višak energije, crpi vodu iz donjeg bazena Razovac u gornji bazen Štikada da bi se ponovno ta ista voda koristila za proizvodnju električne energije.¹⁵

Tablica 5: RHE Velebit

godišnja proizvodnja (na pragu)	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
Generatorski rad	628 GWh	242,588 GWh	470 GWh	635,2 GWh	584 GWh	421 GWh
Motorski rad	139,2 GWh	183,624 GWh	228,7 GWh	143 GWh	167,7 GWh	232 GWh

Izvor: <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/velebit.aspx> 25.08.2017

¹⁴<http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/zakucac.aspx> 28.08.2017

¹⁵<http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/velebit.aspx> 25.08.2017

HE Orlovac svoja postrojenja ima u dvije države, umjetno jezero s pripadajućim objektima te padajućim dovodnim tunelom nalaze se na strani Bosne i Hercegovine, dok drugi dio dovodnog tunela te tlačni cjevovodi i strojarnica se nalaze na području Hrvatske. Ukoliko je dotok s Livanjskog polja veći od potrebnog tada se reverzibilnim kanalom lipa voda prebacuje natrag u umjetno jezero Buško blato pomoću Crpne stanice Buško blato.

Tablica 6: HE Orlovac

godišnja proizvodnja	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
električna energija	572 GWh	420 GWh	127 GWh	514,1 GWh	327 GWh	395 GWh

Izvor: <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/orlovac.aspx> 25.08.2017

HE Dubrava je višenamjenska protočno derivacijska hidroelektrana dravskog sliva koja predstavlja posljednju stepenicu na dionici Drave od granice Slovenije do utoka Mure. Koristi potencijal rijeke Drave za proizvodnju električne energije, povećava zaštitu od poplava, poboljšava odvodnju, omogućuje gravitacijsko natapanje poljoprivrednih površina.¹⁶

Tablica 7: HE Dubrava

godišnja proizvodnja	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
električna energija	375 GWh	325 GWh	387 GWh	418 GWh	511 GWh	350 GWh

Izvor: <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/sjever/dubrava.aspx> 25.08.2017

HE Dubrovnik je također jedna od hidroelektrana koja se nalaze u dvije države. Brana, umjetno jezero, i dio tlačnog cjevovoda se nalazi u Bosni i Hercegovini dok samo postrojenje za proizvodnju električne energije te dio tlačnih cijevi se nalazi u Hrvatskoj. Hidroelektrana se nalazi 550 metara od mora te samo na 15 kilometara udaljenosti od grada Dubrovnika. HE Dubrovnik za svoj pogon koristi vodu rijeke Trebišnjice iz akumulacijskog jezera Bileća. HE Dubrovnik ima instaliranu snagu od 216 MW (2x108 MW od kojih jedan radi za Hrvatsku a drugi za Bosu i Hercegovinu).

¹⁶<http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/sjever/dubrava.aspx> 25.08.2017

Ova hidroelektrana je zanimljiva iz razloga što se jedan njezin dio nalazi ispod zemlje (ubušen u planinu). Strojarnica HE Dubrovnik se nalazi na dubini od 520 metara. Sa svojim dimenzijama od 95 x 16 metara i 3,5 metara visine ima dovoljno mjesta da stanu 4 vodne turbine, trenutno su postavljene 2 turbine u prvoj fazi izgradnje. U Drugoj fazi izgradnje HE Dubrovnik bi trebala dobiti još 200 MW snage. Preduvjeti za instalaciju već postoje samo se trebaju instalirati nove tlačne cijevi te agregat s popratnim turbinama i opremom.

Izgradnja same hidroelektrane je trajala 5 godina te je bio udruženi pothvat nekoliko zemalja. Projektiranje je obavio Energoinvest iz Sarajeva i Ismes iz Bergama iz Italije, Oprema je naručena iz Francuske i iz SAD-a. Izgradnju su izvršili Konstruktor iz Splita, Geotehnika iz Zagreba, Graditelj iz Dubrovnika te Tunelgradnja iz Beograda.

Tablica 8:HE Dubrovnik

godišnja proizvodnja	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
HE Dubrovnik	za HEP 786 GWh	za HEP 534,9 GWh	za HEP 640 GWh	za HEP 786,8 GWh	za HEP 766,2 GWh	za HEP 355,7 GWh

Izvor: <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/dubrovnik/default.aspx> 25.08.2017

4.3.HE Rama

Hidroelektrana Rama je derivacijsko-akumulacijska sa smještajem u Hercegovačko-neretvanskoj županiji u Bosni i Hercegovini. Ona je najveća hidroelektrana u energetsom sastavu JP Elektroprivrede HZ Herceg Bosne d.d. Mostar. Hidroelektrana ima kontinuirani rad od godine završetka izgradnje 1968. godine pa do danas, s manjim stankama 1993. godine tijekom domovinskog rata.

HE Rama nije samo važna po svojoj instaliranoj snazi i proizvodnji električne energije (160MW, 650GWh) već je važna zbog specifičnosti svoje izgradnje te lokaciji na kojoj je izgrađena.

Rijeku Ramu čini više manjih izvora rijeka i potoka dok se glavni izvor Rame nalazi kod sela Varvare. Iako rijeka Rama svoje ime nosi po najzapadnijem izvoru glavninu svoje vode dobiva iz izvora Krupić i Buk. Visinski položaj ovih izvora iznosi 538 i 582 metra nadmorske visine. Samo Ramsko jezero je smješteno u Gornjoj Ramskoj kotlini na sjeveru Hercegovine na području općine Prozor-Rama. Dubina jezera iznosi 100 metara, duljina iznosi 8 km, a

širina jezera 4,6 km. Količina vode u maksimalnom kapacitetu iznosi 487,000,000 m³. Jezero je polukružnog oblika s mnogo zaljeva zbog specifičnih oblika brda.

Prije izgradnje svake hidroelektrane postoji čitav niz ispitivanja kako bi se moglo točno utvrditi dali je lokacija pogodna ili ne za izgradnju hidroelektrane. Ova istraživanja sežu od analize tla, geoloških istraživanja pa sve do meteoroloških i hidroloških mjerenja. Iako je izgradnja HE Rama započela 1964. godine postoje izvori koji govore da su ta ispitivanja zapravo započela gotovo 20 godina ranije. Na temelju prikupljenih podataka stručnjaci su odredili mjesta koja su pogodna za izgradnju. Mjesto gdje rijeka Rama ulazi u kanjon je savršena lokacija za izgradnju brane od nabačenog kamena i gline te pojačanu s vanjske strane sa armiranim betonskim ekranom, te je, sa takvom konstrukcijom, bila najveća u Europi.

Radovi na samoj brani su započeli 28. siječnja 1966. godine miniranjem prirodnog toka Rame kako bi se njezin tok preusmjerio u pripremljene odvodne tunele. Uzvodna strana brane je obložena s armiranim betonskim pločama a krajevi brane, koji se spajaju s brdom su ubrizgani s cementnim mlijekom kako bi se dobila čvrstoća i stabilnost građevine. Kontroliranom izgradnjom i mikrogeometrijskom mrežom od 18 točaka s nizom raznih instrumenata ugrađenih na 400 mjesta konstantno se prati ponašanje brane.

Usporedno s izgradnjom brane kreće i izgradnja dovodnog tunela koji po svome završetku iznosi 9487 metara duljine te promjera 5 metara. Obložen je betonskom oblogom debljine 30-40 cm te pri kaju cijevi ta debljina se penje na 140 cm radi izrazito velikog tlaka u tunelima. Stijene oko tunela su ubrizgane s cementnim mlijekom također kako bi dobili na svoje integritetu i jačini. Izgradnjom ovih tunela iskopano je 263,000 m³ materijala te instalirano oko 100,000 m³ betona te oko 4100 tona željeza, 16525 tona cementnog mlijeka. Sam tlak u tim cijevima iznosi 9 atmosfera što je u to vrijeme bio najveći unutrašnji tlak u svijetu.

Na kraju dovodnog tunela nalazi se vodna komora i vodostan. Iz vodostana tunel se razdvaja u dvije tlačne cijevi promjera 3 i dužine 250 metara kroz koje se dovodi voda do turbine i generatora u strojarnici. Strojarnica je podzemnog tipa i nalazi se u Marinoj pećini koja je ukopana na dubini od 670 metara. U strojarnici se nalaze 2 agregata s Francis turbinama i agregatima jačine 2x80 MW, dok srednja godišnja proizvodnja iznosi 650 GWh.¹⁷

¹⁷http://www.ephzhh.ba/wp-content/uploads/Publikacije_Vijesnik/brosura-rama.pdf 26.08.2017.

Svaka izgradnja ovakvog razmjera mora dovesti sa sobom i nekakve loše strane. U slučaju HE Rama to je bilo upravo potapanje plodnih njiva i šuma te 20 sela gdje su ljudi prisilno iseljeni radi izgradnje akumulacijskog jezera. Ukupno je potopljeno 15,5 kvadratnih kilometara plodnog zemljišta, livada i oranica. Potopljeno je 1147 raznih objekata. Iz Rame je prisilno iseljeno 283 obitelji sa 1,744 člana te ukupno se iselilo 752 obitelji s ukupno 2,939 članova.

Neke od ovih obitelji su iseljene jer su njihove kuće bile ispod razine vode jezera te su bili primorani otići, nekima je pak zemlja od koje su živjeli potopljena te više nisu mogli opstati. Trbuhom za kruhom kako to uvijek biva morali su odseliti u druge krajeve svoje zemlje, a neki čak i izvan.

Nekada prokletstvo kako su domaći ljudi zvali Ramsko jezero, a danas biser kako ga zovu djeca nekadašnjih stanovnika. Ramsko jezero privlači mnogo znatiželjnika, što zbog kulture, što zbog hobija rekreacije i športa. Hrvatska i Australaska veslačka ekipa su prepoznale vrijednost Ramskog jezera gdje je mirna voda te su odradili pripreme za natjecanja, već su najavili ponovni dolazak. Kako bi se lokalna zajednica pripremila za navalu turizma koja se očekuje u tom djelu u izgradnji je trenutno turistički ured. „Potencijala za turizam svakako ima, jezero i područje okolo godišnje posjeti 10,000 do 15,000 turista, ribolovaca i sportaša, ali nam nedostaje investitora i smještajnih kapaciteta.“¹⁸

Slika 9: Ramsko jezero



Izvor: <http://kamenjar.com/ramsko-jezero-nekad-proklinjani-turisticki-biser/> 26.08.2017.

¹⁸<http://kamenjar.com/ramsko-jezero-nekad-proklinjani-turisticki-biser/> 26.08.2017.

5. Najveće hidroelektrane svijeta

5.1. Hidroelektrana Tri klanca

Hidroelektrana Tri klanca se nalazi na trećoj najdužoj rijeci na svijetu (nakon Nila i Amazone), dugačka je 6300 kilometara a ime joj je Yangt-ze. Ova rijeka izvire na tibetanskoj visoravni i prolazi kroz osam kineskih pokrajina. Ova rijeka ovisno o dijelovima kroz koje prolazi mijenja svoje ime nekoliko puta. Porječje rijeke je dugačko 1,8 milijuna km² te joj je protok vode u sekundi 31,055 m³. Najznačajniji pritoci ove rijeke su Yalong, Dadu, Min, Toujing i Wuijang. Pad rijeke Yangt-ze ukupno iznosi 5800 metara što se odnosi na njezinu potencijalnu snagu od 288 milijuna KW ali se od toga koristi samo 6%. Rijeka je slavljena kao hraniteljica Kine ali je samo u 20.st potopila više od 300,000 Kineza. Ove poplave se pojavljuju periodično svakih desetak godina te se visina rijeke zna povisiti 6-17 metara., te su iz tog razloga obale zaštićene nasipima ukupne duljine 33,000 km.¹⁹

Oduvijek se najpogodnijim dijelom za iskorištavanje snage rijeke Yangt-ze smatrao srednji dio, posebice jedan dio istočnog dijela pokrajine Sečuan. Taj dio se zove Tri klanca (*Three Gorges*) odakle je i dobila svoje ime. Prva veća istraživanja su počela davne 1940. godine pod vodstvom američkog stručnjaka za brane dr. Johna Luciana Savagea. Ipak idealno rješenje su pronašli 412 stručnjaka koji su na tom projektu radila pune 3 godine od 1986. – 1989. godine.

Mjesto koje je izabrano za ovu branu se zove Sandoupingu radi izuzetno povoljnih prirodnih uvjeta te neoštećenom granitnom kamenom podlogom te povoljnim geološkim strukturama te izrazito malom seizmičkom aktivnošću. Sama elektrana se sastoji od brane, Dviju odvojenih hidroelektrana te djelom koji je namijenjen održavanju plovnosti rijekom.

Istraživanjima je odlučeno da središnji dio brane bude protočni dio a hidroelektrane da se pozicioniraju na krajevima brane. Brana je izrađena od armiranog betona, dužine 2309.47 metara visoka 185 metara a najveća širina joj iznosi 181 metar. Protočni dio ima širinu od 483 m s 23 protočna otvora na visini od 90 m te 22 površinska privremena ispusta. Na lijevoj strani brane se nalazi hidroelektrana s 14 generatorskih turbina, dok na desnoj se nalazi hidroelektrana s 12 turbina. Ukupno se na brani nalaze 26 turbina. Obje hidroelektrane koriste turbine tipa Francis te će svaka turbina imati snagu od 700 MW, što donosi 18,2 GW

¹⁹B. Nadilo, Projekt Tri Klanca – najveća hidroelektrana na svijetu na rijeci Jangce, Građevinar, 2002, Br.54, , str. 239

instalirane sage te proizvodnju u punom kapacitetu od 105,000 GWh. Ovaj podatak govori da će Kina od HE Tri klanca zadovoljiti 10% svojih potreba za električnom energijom.

Iako 26 generatora zvuči dovoljno, kineska vlast je odlučila izgraditi još jednu podzemnu strojarnicu sa 6 dodatnih generatora s Francis turbinama. Projekt je trebao biti dovršen 2009. godine ali zbog nadogradnje HE *Tri klanca* sa dodatnih 6 generatora je odgodila kraj ovog projekta za 2012. godinu.

Gradnja cjelokupnog projekta Tri klanca (skraćeno *TGP-Three Gorges Project*) se sastoji od 3 faze:

- 1. Faza:** Zatvara se desno dio rijeke do otočića do obale te produživanjem istog otočića gradnjom kesona²⁰ napunjenih zemljom i kamenjem. Istodobno se na lijevoj obali izrađuje privremena prevodnica. Vrijeme izvođenja prve faze je od 1993.-1997. godine.
- 2. Faza:** Izgradnja kesona uzvodno i nizvodno od brane kako vi se stvorila građevinska jama za izgradnju brane. Građenje protočnog (središnjeg) djela brane zajedno s lijevim djelom brane u kojemu su smještene turbine hidroelektrane. Istovremeno se na lijevoj strani izrađuje stalna prevodnica s dizalom za brodove. Ova faza za izgradnje je trajala od 1998.-2003. godine.
- 3. Faza:** U ovoj fazi se izrađuje treći dio uzvodnih kesona u derivacijskom kanalu te se pregrađuje akumulacija na 135 m što će omogućiti rad lijeve hidroelektrane koja je izrađena u prethodnoj fazi. Brodovi će moći nesmetano prelaziti s dovršenom brodskom prevodnicom. U ovoj fazi rijeka teče kroz privremene i stalne ispuste u središnjem dijelu brane. Izgradnja u ovoj fazi je trajala od 2003.-2009. godine.

Nakon što je posljednji od novih 6 generatora testiran i stavljen u funkciju 23.05.2012. godine podigli su proizvodnju HE Tri klanca sa 18,2 GW na 22,5 GW.

Brana je formirala akumulacijsko jezero kapaciteta 40 milijardi m³ vode. Dužina ovog jezera iznosi 600 km a širina oko 1,2 km što je gotovo duplo od izvorne širine rijeke Yangt-ze. Radi podizanja razine vode na 175 m predviđeno je preseljenje desetak gradova i mnogobrojnih sela na područja koja su iznad ove razine ili čak udruge dijelove Kine. Ovisno o izvorima podataka tako varira i procijenjeni broj preseljenih stanovnika.

²⁰**Keson:** Čelična ili armiranobetonska komora bez dna koja omogućava iskapanje tla, izgradnju temelja i druge radove pod vodom. Keson se izrađuje na obali te se potom vitlima i vretenima spušta u vodu.

Uglavnom se uzima u obzir brojka od 1,2 milijuna stanovnika. Seljacima i farmerima Kina je isplaćivala oko 20,000 yuana (18,851,06 kn) te je građanima isplaćivala u prosjeku oko 50,000 yuana (47,127,66 kn). Većina farmera će dobiti prekvalifikaciju u industrijske radnike jer su njihova polja poplavljena te nemaju više potrebe za obrađivanjem zemlje.

HE može proizvesti dovoljno električne energije kao i 18 prosječnih nuklearnih elektrana zajedno ili 50 milijuna tona kamenog ugljena, ona ima i svoju cijenu, da budem točniji cijenu od 28 milijardi \$. U nastavku je sastavljen prikaz dobrih i loših strana HE Tri klanca.

Tablica 9: Dobre i loše strane HE Tri klanca

Dobre	Loše
<ul style="list-style-type: none"> • Energetska dobit iz obnovljivih izvora • Regulacija vodenog toka • Povećanje plovnosti • Smanjeni troškovi prijevoza brodom za 40% • Zaštita od poplava • Navodnjavanje poljoprivrednih površina • Bolja opskrba vodom • Smanjuje zagađenje zraka (energija dobivena HE nije dobivena iz fosilnih goriva) • Toplija voda pogoduje uzgoju školjaka, patoka, rakova te pogoduje određenim stablima voćaka da lakše prezime • Porast turizma 	<ul style="list-style-type: none"> • Skupoća projekta • Povećanje prosječne temperature za 2°C • Povećanje izmaglica i kiselih kiša • Ugrožene rijetke biljne i životinjske vrste • Poplavljena staništa endemskih vrsta • Potop kulturnih spomenika • Taloženje mulja i sedimentacija • Povećanje zagađenosti vode • Povećanje saliniteta zemlje u delti oko Šangaja • Potresi jačine veće od 7° po Richteru mogu razoriti branu • Deložacija 1,2 milijuna stanovnika • Potop cijelih gradova i sela • Taloženje smeća u dnu hidroelektrane

Izvor: B. Nadilo, Projekt Tri Klanca – najveća hidroelektrana na svijetu na rijeci Jangce, Građevinar, 2002, Br.54, str 244,245

5.2. Hidroelektrana Itaipu

HE Itaipu sjedi na rijeci Parani, rijeka koja dijeli Brazil i Paragvaj. Rijeka Parana je druga najveća Južno Američka rijeka koja se proteže od svog spoja (spoj rijeke Paranaíba i Rio Grande) pa do ušća 3100 km. Po svojoj dužini 1800 km leži u Brazilu a preostalih 1300 km se nalazi na granici Brazila i Paragvaja.

Godine 1966. ministri Brazila i Paragvaja zaključuju sporazum o izradi studije o izgradnji zajedničke energetske građevine na rijeci. Time je utemeljena zajednička brazilsko-paragvajska stručna komisija koja je utvrdila tehničke uvjete izrade građevine. Studija je pokazala da je sastav tla koji se nalazi u rijeci Parani idealan za izgradnju brane te popratnog akumulacijskog jezera. Također te su studije potvrdile da vijek trajanja ove HE neće biti kraći od 200 godina.

Ugovor o izgradnji je potpisan 1973. godine a sadržavao je odluku o iskorištavanju vodnih potencijala rijeke Parane. Godine 1974. osnovana je tvrtka Itaipu Binacional koje su bili vlasnici u jednakom vlasništvu Brazil i Paragvaj. Ona je utemeljena s jednakim udjelom kapitala između te dvije države.

Sami građevinski radovi započinju 1975. godine s izgradnjom obilaznog kanala kojim će rijeka moći nesmetano teći za vrijeme gradnje brane i popratnih postrojenja. Ova faza je obavljena do kraja 1978. godine kada je miniranjem završnog dijela otvoren kanal za prolaz rijeke. Sljedeće godine (1979.) kreću radovi s iskopavanjem riječnog korita je konstrukcija brane koja je napravljena od armiranog betona. Ova faza izgradnje je bila najveća te je na njoj radilo 30,000 radnika. Krajem 1982. godine radovi se privode kraju te se zatvara kanal kojim prolazi rijeka i tako započinje punjenje akumulacije kojoj je trebalo gotovo dva tjedna da se napuni do dovoljne razine. U vrijeme punjenja akumulacije povjerenstvo za zaštitu okoliša je obilazilo poplavljeni dio te spašavalo na stotine ugroženih životinjskih vrsta.

Samo jezero je površine 1350 km², dužine 170 km, najveće širine od 12 km a prosječne 7 km. Obujam ovog jezera je 132 milijuna m³ vode.

Sama brana je dugačka 7760 metara a sastoji se od glavnog armiranobetonskog dijela te sa strane od kameno zemljanih nasipa u produženju brane. Prve turbine su instalirane 1984. godine te su se postupno ugrađivale po jedna godišnje na strani Brazila i po jedna na strani Paragvaja. Zadnji generatori i turbine su ugrađeni 1991. godine od kada brana radi punim

kapacitetom. Svaka jedinica se sastoji od jedne turbine tipa Francis te generatora jačine 715 MW. Ova hidroelektrana ima ukupnu instaliranu snagu od 12,600 MW.

Električna energija koja je proizvedena na HE Itaipu je dovoljna da zadovolji gotovo sve potrebe Paragvaja (koji najveći dio svoje električne energije prodaje Brazilu), te je dovoljna za 25% potrebe Brazila za električnom energijom. Izvorni projekt HE Itaipu je predviđao montažu od 20 generatora. Ovaj dio izgradnje je bio predviđen nakon suglasnosti obje strane što je i učinjeno 2000. godine. Sam projekt iznosi \$16 milijardi a s montiranjem dodatnih generatora cijena se povećava za dodatnih \$184,6 milijuna.

Iznesen je podatak da ova hidroelektrana proizvede dovoljno energije da smanji emisiju ugljičnog dioksida u atmosferu za 81 milijuna tona godišnje. Također ova hidroelektrana ima dovoljnu snagu kao i 20 nuklearnih elektrana Krško.²¹

5.3.Hidroelektrana Hoover Dam

Rijeka Colorado proteže se od planina Colorada pa sve do Kalifornijskog zaljeva. Dugačka je 2,330 kilometara a gotovo sva količina njezine vode dolazi od snijega koji se topi u planinama. Ova rijeka jako često potapa zemljišta na ravnicama i udolinama najčešće u proljeće te u rano ljeto. Nanoseći štetu ljudima, životinjama i usjevima. Tijekom kasnog ljeta i jeseni ova rijeka gotovo da ni ne postoji jer se njen izvor od snijega je otopljen. Kako bi se zaštitila zemljišta i životi svih ljudi koje žive u području ove rijeke, te kako bi se zaštitili usjevi od poplava i suša trebalo ju je ukrotiti na neki način.

Prije bilo kakvog ukroćivanja ove rijeke prvo je potrebno pravilno razdijeliti svu njezinu vodu je ipak ona protječe kroz sedam saveznih država. Godine 1922, predstavnici svih sedam država su se sastali kako bi dogovorili pravilnu raspodjelu vode. Odlučili su se podijeliti rijeku Colorado na dva dijela, gornji i donji dio. Procijenjeni godišnji tok vode je podijeljen na pola, jedan za gornji a jedan za donji dio te je prepustio daljnju raspodjelu saveznm državama tog dijela.

Ova odluka je popločila put jednoj od najpoznatiji Hidroelektrana u svijetu, Boulder Canyon Dam (kasnije preimenovana u Hoover Dam). HE Hoover Dam je u prvom redu konstruirana kako bi osigurala kontinuirani prtok vode farmerima te kako bi ih zaštitila od poplava.

²¹B. Nadilo, Itaipu – najveća hidroelektrana na svijetu, Građevinar, 2004, br.56

Također služi kao ogroman rezervoar vode za opskrbu pitkom vodom obližnje gradove i polja.

Sama gradnje brane je započela 1931. godine a završila 1935. godine, čak 2 godine prije roka. Tvrtke koje su gradile ovu branu, njih 6 uspjeli su branu dovršiti 2 godine prije krajnjeg roka te sa smanjenim troškovima izgradnje. Izgradnju su pratili brojni problemi. Jedan od tih problema je bilo hlađenje brane. Zbog njezine debljine te količine betona koje su se morale izliti i oblika u kojem se izlijevaju brani bi trebalo nekoliko desetaka godina da se potpuno ohladi, a za to vrijeme bi ona bila slabija te bi mogla uzrokovati dodatne probleme. Odluka je pala da se u beton ugrade metalne cijevi kroz koje će cirkulirati hladna voda te će tako pospješiti hlađenje brane.

Izgradnja se odvijala tijekom „Velike depresije“ kada je ekonomsko stanje u SAD-u bilo najgore u povijesti, stoga su mnogi građani trbuhom za kruhom morali otići iz svojih kuća kako bi nešto zaradili. Gradnju si izvršavali mali ljudi koji s dolazili sa svojim obiteljima te su živjeli u šatorima uz cestu, u lošim higijenskim uvjetima te lošom ishranom.

Dnevna temperatura se dizala i preko 40°C a noći se drastično spuštala. Nakon što je vlada uvidjela problem tih naselja odlučila je podići naselje u blizini brane. Ubrzo nakon te odluke kreću nicati prave kuće te popratne građevine, izgrađena je škola za djecu, crkva, bolnica pa čak i pošta. Danas se to naselje zove Boulder City.

Sama brana je visoka 221,3 m, duljina krune je 379,2 m, širina u kruni je 13,7 m, te širina pri dnu brane iznosi 201,2 m. Volumen izgrađenog betona iznosi 2,6 milijuna m³. Sama hidroelektrana ima 17 agregata s Francis turbinama te godišnje proizvede 2,08 GW električne energije. Ova brana više nije niti najveća, niti proizvodi najviše električne energije. U vrijeme izgradnje bila je jedna od modernih svjetskih čuda, te je 1999. godine uvrštena u 5 najvećih dostignuća graditeljstva 20. st.

Branu je otvorio 30.rujna.1935. godine američki predsjednik Franklin D. Roosevelt ali je proizvodnja energije započela tek 1936. godine. Brana i elektrana su nazvane po 31. američkom predsjedniku Herbertu Hooveru koji je najzaslužniji za njezinu izgradnju.

6. Razvoj obnovljivih izvora energije kao rješenje na klimatske izazove

Svi smo svjesni ekoloških problema, klimatskih promjena i ostalih nepogoda koje pogađaju moderno društvo. Od globalnog zatopljenja pa sve do izbjeljivanja i propadanja koraljnih grebena koje hrane i štite na tisuće vrsta riba, biljaka i ostalih vodozemaca koji borave samo u takvim staništima. Većina problema se mogu povezati s fosilnim gorivima. Fosilna goriva su najveći zagađivači današnjice te loše utječu na prirodu, okoliš i čovjeka.

Danas se fosilna goriva koriste ponajviše za proizvodnju energije, proizvodnju raznih tvari od svojih derivata kako bi nam pomogli u našem svakodnevnom životu. Ali zbog lošeg utjecaja na okoliš nisu prihvatljivi za dugoročno korištenje, a osim toga nisu beskonačni. Obnovljivi izvori energije su upravo sve suprotno od fosilnih goriva. Oni su čisti i beskonačan izvor energije koji gotovo nikada ne presušuje. Većina ovih izvora se mogu direktno ili indirektno povezati sa Suncem. Solarna energija dolazi direktno od Sunca, vjetar dolazi od zagrijavanja zraka sa sunčevim zrakama a dok valovi dolaze također od vjetra i zagrijavanje vode od Sunca te njezino strujanje.

Pomaci u tehnologiji su veoma značajni u borbi protiv zagađenja okoliša i korištenja fosilnih goriva. Neki od ovih pomaka sežu od jednostavne konverzije ugljikovog dioksida u gorivo (etanol) dok su neki napravili revoluciju na tržištu u obliku umjetne fotosinteze.

Godine 2016. Američki odjel za energiju *Oak Ridge National Laboratory* je bio u potrazi za načinom pretvaranja ugljikovog dioksida u etanol koji se već koristi kao gorivo. Tim je razvio katalizator koji se sastoji od ugljika, bakra, i dušika koji je koncentrirao energiju u mjerilima nanosekunde. Kada se otopina ugljikovog dioksida izloži ovim nabojima ona se pretvori u etanol i to s visokom učinkovitošću. Materijali i procesi su relativno jeftini a proces se izvršava na sobnoj temperaturi. Dodatno uz pretvaranje ugljikovog dioksida u gorivo ovaj proces se može koristiti da skladišti višak energije proizvedeni od solarnih i vjetroelektrana. Neki stručnjaci su skeptični uvezi ovog eksperimenta te čekaju da se rezultati reproduciraju u drugim laboratorijima kako bi bili sigurni.

Od 2012. godine *CarbFix Project* na Islandu pokušava ostvariti metodu uskladištenja ugljikovog dioksida u zemlju. Ova metoda se pokazala i više obećavajuća ne prvotno očekivano. Ideja je da se ugljikov dioksid i voda ubrizgaju duboko u zemlju kako bi reagirali s vulkanskom stijeno te se tom reakcijom pretvorio u kamen. Studija koja je objavljena u lipnju prošle godine govori da je 95% ugljikovog dioksida koji se ubrizgao u tlo mineralizirao te da

je od njega nastala stijena. Ova metoda je mnogo brža nego što su prvotno mislili da će trebati nekoliko stotina godina.

Thermophotovoltaic ili skraćeno TPV je proces koji pretvara toplinu direktno u električnu energiju pomoću fotona. Ovaj proces se koristi kod solarnih ploča te koristi samo dio spektra boja koje su najčešće svjetlo koje vidimo te ultraljubičasto zračenje od mnogo ostalih zraka koje sunce isijava. Znanstvenici MIT-a su sastavili komponentu koja koristi nanocijevi te nanofotonske kristale kako bi širok spektar boja koncentrirala u užu spektar boja. Toplina dobivena ovim procesom se apsorbira u kristalima koji znaju doseći toplinu od 1000°C te tu toplinu emitiraju u obliku svjetla koje solarne ploče mogu lakše iskoristiti. Obična solarna ploča može iskoristiti oko 30% sunčeve energije dok ova vrsta solarne ploče može teoretski doseći efikasnost od 80%, no ovo postignuće treba još mnogo dorade i istraživanja.

Umjetna fotosinteza omogućava pretvaranje ugljikovog dioksida, vode te sučevog svjetla kako bi proizvelo čisto tekuće gorivo koje bi se moglo koristiti u svakodnevicu, od transporta, autobusa i automobila pa sve do kućanskih štednjaka. U ovom području je bilo nekoliko napredaka ali kiti jedno od velike važnosti sve dok znanstvenici s Harvarda nisu razvili bioelektronički list. Ovaj list je u mogućnosti pretvoriti 10% sunčeve energije što je 10 puta bolje od prosječne biljke. Stručnjaci koriste katalizator napravljen od legure kobalta i fosfora kako bi razdvojili atome vode na kisik i vodik te onda oslobodili posebno konstruiranu bakteriju koja bi konzumirala ugljikov dioksid te vodik kako bi ih pretvorila u tekuće gorivo. Ovo polje iako obećavajuće ima mnogo tehnoloških prepreka, te dok ovaj projekt ugleda svjetlo dana proći će još godine rada i istraživanja.²²

²²<https://www.technologyreview.com/s/603275/the-biggest-clean-energy-advances-in-2016/> 01.09.2017.

7. Zaključak

U radu je dana definicija biologije i okoliša te ostalih pojmova koje treba poznavati. Dane su definicije obnovljivih izvora energije te je definiran njihov potencijal u proizvodnji energije kako bi mogli konkurirati fosilnim gorivima i nuklearnoj energiji. Također dane su naznake te utvrđen je njihov utjecaj na okoliš te kako se pojedini elementi koji loše utječu na okoliš mogu ublažiti pa i kompletno ukloniti. Elaborirana je hidroenergetska mreža u Republici Hrvatskoj te su dane informacije o radu pojedinih hidroelektrana. Njihov utjecaj na okoliš i na život čovjeka je od velike važnosti te se u njih treba ulagati kako nam ne bi naškodili.

Također su istražena neka od „svjetskih čuda modernog graditeljstva“ te su naglašene njihove dobre i loše strane i kako njihov rad funkcionalnost utječe na ekološki sustav. Također s ekonomskog gledišta njihova izgradnja i život ljudi koji su ih gradili.

Zaključno možemo reći da su obnovljivi izvori energije budućnost naše civilizacije jer dugoročno gledan bez njih ne možemo opstati. Dovoljno dugo smo koristiti fosilna goriva te je vrijeme da se počnemo okretati nekim zdravijim, po okoliš boljim izvorima koji će donijeti koristi ne samo potrošačima energije već i cijelom svijetu.

LITERATURA

1. Đikić D. i sur., *Ekološki leksikon*, Barbat, Zagreb, 2001.
2. V. Potočnik, *Obnovljivi izvori energije i zaštita okoliša u Hrvatskoj*, ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb 2002.
3. P. Stojić, *Hidroenergetika*, Građevinski fakultet sveučilišta u Splitu, Split 1995.
4. D. Feretić i sur. *Elektrane i okoliš*, Element, Zagreb, 2000.
5. Udovičić B., *Čovjek i okoliš*, Kigen, Zagreb, 2009.
6. E.S. Goodstein, *Ekonomika i okoliš*, Mate, 2003.
7. B. Nadilo, *Projekt Tri Klanca – najveća hidroelektrana na svijetu na rijeci Jangce*, Građevinar, 2002, Br.54.
8. B. Nadilo, *Itaipu – najveća hidroelektrana na svijetu*, Građevinar, 2004, br.56
9. <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html> 24.07.2017
10. <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy> 08.08.2017
11. http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrane_u_Hrvatskoj 08.08.2017
12. http://www.izvorienergije.com/energija_vode.html 24.08.2017
13. http://www.ephzhb.ba/wp-content/uploads/Publikacije_Vijesnik/brosura-rama.pdf 26.08.2017
14. <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/> 26.08.2017.
15. <http://kamenjar.com/ramsko-jezero-nekad-proklinjani-turisticki-biser/> 26.08.2017.
16. <http://www.obnovljivi.com/obnovljivi-izvori-energije-u-regiji/1794-suncana-elektrana-leis> 26.08.2017
17. <https://www.technologyreview.com/s/603275/the-biggest-clean-energy-advances-in-2016/> 01.09.2017.
18. <http://proizvodnja.hep.hr> 25.08.2017.
19. http://www.izvorienergije.com/energija_vode.html 24.08.2017